第 24 卷 第 3 期
2009 年 6 月

电 力 学 报
JOURNAL OF ELECTRIC POWER

Vol. 24 No. 3
Jun. 2009

文章编号: 1005-6548(2009)03-0229-03

基于 Matlab 的电力系统谐波分析

张玉华

(山西大学工程学院,太原 030013)

摘 要:近年来,电力系统谐波问题日益突出,已严重影响到电能质量。为了提高电能质量,需对电力系统谐波分量进行快速、准确地监测,采用了一种用 Matlab 软件实现信号显示与频谱分析的方法。借助 Matlab 仿真得出谐波电流随时间变化的曲线,然后对其谐波进行频谱分析,最终得到系统的各次谐波含量。实例证明,准确测量各次谐波参数,对电力系统谐波分析和抑制具有很大的意义,可确保系统安全、可靠、经济地运行。同时实验结果表明,该法对设备要求不高,易于实现。

关键词:电力系统;Matlab;谐波分析

中图分类号:TN911.6 **文献标识码**:B

一般而言,理想的电力系统是以单一而固定的频率以及规定的固定幅值的电压水平供电的[1]。然而,电网通常不能满足以上要求提供电能。实际中,由于电力电子技术的广泛应用,工业生产中的大功率换流设备、电子电压调整设备、电弧炉、非线性负载等将不可避免地产生非正弦波形,向电力系统注入了大量谐波电流,导致电压、电流波形发生了严重畸变。

电力系统谐波是一个周期电气量的正弦波分量,其频率为基波频率的整数倍[2]。谐波频率与基波频率的比值称为谐波次数。我国电力系统的额定频率为 50 Hz,则基波频率为 50 Hz,2 次谐波频率为 100 Hz,3 次谐波频率为 150 Hz 等。在一定供电条件下,有些用电设备也会出现非整数倍谐波,称为间谐波或分数谐波。谐波实际上就是一种干扰量。现在,由谐波引起的正弦电压和电流的波形畸变已成为危害电能质量的主要原因之一。

1 谐波对电力系统的影响

谐波电流和谐波电压的出现,恶化了供用电系统所处的环境,无疑是公用电网的一种污染。并且近年来,由谐波引起的各种故障和事故不断发生,其严重性已引起了人们的高度重视,它对电力系统的危害主要体现在以下几个方面:

(1) 谐波会增加输、供和用电设备的额外附加损耗,损害其绝缘性能,降低寿命和可靠性;

(2) 谐波可导致继电保护和自动装置的误动作,影响电力系统正常运行;

(3) 由谐波引起的谐振,会提升谐波的幅值,造成电容器和其它设备因大电流损坏;

(4) 电力谐波会对电视接收机、计算机图形画面产生波动,严重时损害机器;

(5) 电能计量错误;

(6) 谐波对通信系统产生电磁干扰,使电信质量下降。在极端情况下噪声可使通信线路不能使用。

此外,谐波还会对电力测量、功率因数等产生不良影响。考虑以上因素,谐波的影响会日益重要,需要集中研究它。

2 MATLAB 谐波分析

在电力工程中,谐波分析必须在规定的时间内完成,因此系统模型应当简单实用,并且能为合理的分析提供正确的结果。

本文采用 Matlab 系统进行仿真。Matlab 是目前非常流行的具有很强科学计算和图形界面的软件系统,在工程技术领域已得到了广泛应用。特别是利用 Matlab 的 Simulink 仿真环境,可方便地搭建系统模型,获得良好的分析效果。

表 1 以一个实际工业电力系统为例,列举了电力传动装置中的相电流奇次谐波测量平均值,基波为 50 Hz[3]。

收稿日期:2009-03-16
作者简介:张玉华(1981 -),女,山西洪洞人,助教,主要研究方向为信号与信息处理,(E-mail)dlxzhangyuhua@163.com

表 1　谐波信号参数

谐波次数	幅值/ A	相位/ (°)
1	380.4	0
3	2.035	60
5	3.156	135
7	1.042	157.5
9	4.291	0
11	16.13	60
13	2.016	0

首先利用 Simulink 模块库建立仿真模型,得到模拟电网的电流波形,然后利用快速傅立叶变换(FFT)得到相应的频谱分析。

根据表 1,可设信号表达式为: $x(t) = \sum_{k=1}^{6} A_{2k+1}\sin(2\pi f t + \phi_{2k+1})$ (谐波次数记为 n, $n = 2k + 1$),其仿真波形如图 1 所示。

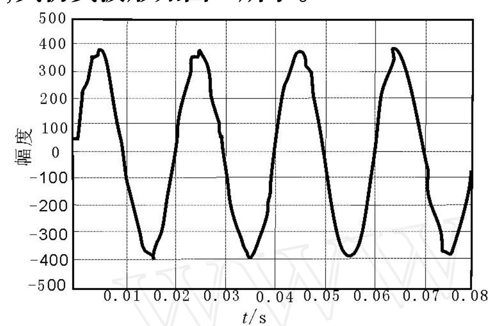


图 1 谐波电流信号

当取采样频率为 3 000 Hz、数据长度为 1 024 采样点时,利用 FFT 编写 Matlab 语言程序运行即可得到信号频谱,如图 2 所示。

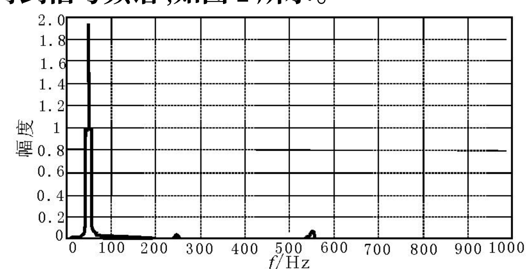


图 2　谐波幅度谱

从图中可看出 11 次谐波处出现了较高的毛刺。

利用 Simulink 仿真模型中的 Powergui 模块具体分析谐波分量。Powergui (Power graphical user interface)是一种用于电路和系统分析的图形读者界面[4]。先介绍其使用方法,在 Simulink 模块库中点击 SimpowerSystem 菜单栏,便可看到该模块,将它添加到需要仿真的模型窗口文件中,双击即可弹出它的属性参数对话框。利用其 FFT Analysis 工具即可对仿真系统的一些重要变量进行傅立叶分析,得到各次谐波的含量,分别以条形状(图 3)和清单形式(图 4)所示。

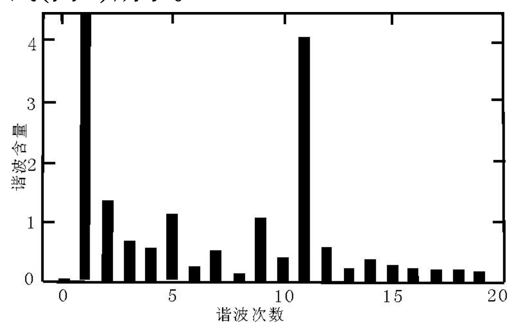


图 3　仿真出的谐波含量

```
Sampling time      = 0.0002 s
Samples per cycle  = 100
Fundamental        = 382.3 peak (270.3 rms)
Total Harmonic Distortion (THD) = 4.80%

  0 Hz (DC)      0.05 %
 50 Hz Fund    100.00 %
100 Hz (h2)      1.34 %
150 Hz (h3)      0.69 %
200 Hz (h4)      0.56 %
250 Hz (h5)      1.19 %
300 Hz (h6)      0.28 %
350 Hz (h7)      0.49 %
400 Hz (h8)      0.15 %
450 Hz (h9)      1.04 %
500 Hz (h10)     0.37 %
550 Hz (h11)     4.08 %
600 Hz (h12)     0.60 %
650 Hz (h13)     0.24 %
700 Hz (h14)     0.36 %
750 Hz (h15)     0.28 %
800 Hz (h16)     0.24 %
850 Hz (h17)     0.21 %
900 Hz (h18)     0.20 %
950 Hz (h19)     0.18 %
```

图 4　高次谐波所占百分比

该电力传动装置耗电量为 11 MW。在上述测量中,得到 2 个参数:(1) 谐波电流 IHDn ——第 n 次谐波电流有效值相对于基波电流有效值的百分比;(2) 电流波形总畸变率 I_{THD} ——各次谐波有效值的平方和与基波电流有效值的百分比,二者均是衡量波形畸变的谐波指标。参考 IEEE 标准 519 - 1992(表 2)进行谐波分析。

表 2　IEEE 标准 519-1992 规定的谐波限值

电力传动装置	V_n/ kV	I_{sc} ∶I_L	IHDn/ %极限	
			$n<11$ 次	$11<n<17$ 次
PD	13.2	113	14.1	7.7

基于电网中设备的抗干扰度,中压系统的 THD 限值一般在 4 %～5 %之间。把实例中的谐波畸变与标准规定的限值进行比较,这些限值取决于额定电压 V_n 和 I_{sc}/I_L 的比值,其中 I_{sc}和 I_L 分别是短路电流和负载电流。从数据显示可直观看出,该波形在允许的范围内发生了畸变,并不会影响到系统的正常运行。若测量值超出谐波限定标准,则应采取适当措施把波形畸变水平限制到规定值内,保证电网安全、连续、可靠地运行。

3 结论

实践证明,Matlab 系统非常适合于信号处理分析及其研究,并且能带来很大的方便和极高的效率。借助该软件中的 Simulink 模块可对电力系统谐波进行 FFT 分解,得到电流波形所含的谐波分量,分析其结果目的就是通过与谐波标准进行比较,从而确保电力系统的顺利运行。

参考文献:

[1] ARRILLAGA J ,BRADLEY D A ,BODGER D S. 电力系统谐波[M]. 容健纲,张文亮,译. 武汉:华中理工大学出版社,1994.
[2] 肖湘宁,等. 电能质量分析与控制[M]. 北京:中国电力出版社,2005.
[3] FRANCESCO L. 电力系统中的电磁兼容[M]. 李庆民,李清泉,主译. 北京:机械工业出版社,2008.
[4] 李维波. Matlab 在电气工程中的应用[M]. 北京:中国电力出版社,2007.

Harmonic Analysis of Power System Based on Matlab

ZHANG Yu-hua
(Engineering College of Shanxi University, Taiyuan 030013, China)

Abstract: In recent years, the problem of harmonic in power system is becoming increasingly prominent and has seriously affected the power quality. In order to improve power quality, we must measure harmonic components fast and accurately. Now this article gives a method using Matlab software to display signal and spectral analysis. With Matlab first drawing harmonic current and then analyzing harmonic, in the end we get harmonic components in system. According to the analysis results, we may be appropriate to take measures to limit the waveform distortion in the allowed range, guarantying the power system securely and reliably, At the same time, the experimental results indicate that it doesn't need complex equipment and is easy to display spectral analysis and the spectrograph demonstration.

Key words: power system; Matlab; harmonic analysis

[责任编辑:任云丽]